

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 27-154

補助事業名 平成27年度 人体内部における電磁界および熱の伝搬メカニズムの解明 補助事業

補助事業者名 宮崎大学工学教育研究部准教授・武居 周

1 研究の概要

人体内の高精度な電磁界解析およびその結果より算出する熱分布の予測手法に関する研究・開発を実施しました。まず、並列full-wave電磁界解析コードの開発・調整を実施するとともに解析対象となる解剖学的人体モデル解析データの構築を行いました。続いて、電磁界解析コードと熱伝導解析コードの連成機能をワークステーションクラスタ上に実装し、癌温熱治療器を模したベンチマーク問題TEAM Workshop problem #29を用いた動作検証を実施しました。その後、解析コードを名古屋大学が所有するスーパーコンピュータ：FX100上に実装し、再調整した上で、計算を実行し、解析が可能であることを確認しました。

2 研究の目的と背景

本研究は、癌温熱療法の高精度化に貢献する、解剖学的人体モデルを用いる電磁界解析とその結果より熱分布を計算する温熱療法シミュレーション・システムを研究・開発することが目的です。近年、ハイパーサーミアなどマイクロ波帯域の電磁界を利用する医療機器の普及が進んできています。治療においては、人体内部にある病巣部に電磁界を集中させることが効果的であるが、その精度が十分に評価されているとは言えません。また、人体内部の構造は患者に固有のため、電磁界の調節を経験に頼ることが多いといったことがあります。したがって、更なる治療品質の向上のためには、電磁界を人体に照射した際の、人体内部の電磁界強度および熱分布の高精度な予測が必要となることから、本事業においてこれらの高精度な再現が可能な、シミュレーション手法を研究・開発しました。

3 研究内容

(1) 人体解析向け高速メッシュ生成ツールの開発

本研究・開発においてCT等によって取得した、人体ボクセルデータを、階層構造を持つ領域分割型有限要素解析データへ効率よく変換するためのツールを開発しました。開発には、ミネソタ大学において開発されたグラフ分割ツール：METISを用いて、ボクセルの領域分割を行い、各領域において四面体を生成したのちに、もう一段階領域分割を行う手順とすることによって高速にメッシュ生成が可能となるアルゴリズムを提案・実現しました。図1に人体データの領域分割メッシュを示します。

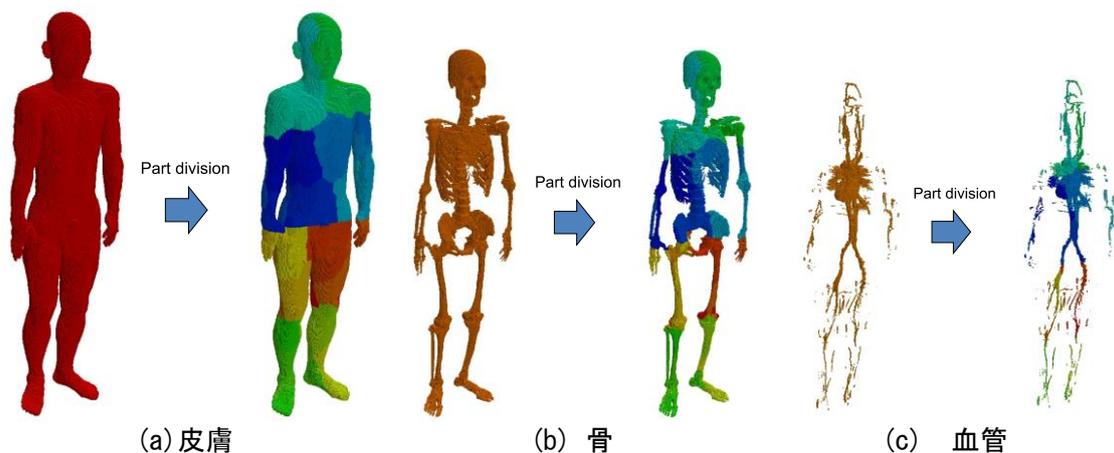


図1 人体ボクセルデータの領域分割

(2) 並列full-wave電磁界解析コードと熱伝導解析の連携機能の開発

① 並列full-wave電磁界解析コードのスーパーコンピュータ上への実装

階層型領域分割法に基づく並列full-wave電磁界解析コードを名古屋大学が所有するスーパーコンピュータ：FX100上へ実装した。実装に際して、MPI, OpenMPによるハイブリッド並列化し、また、その他のコード・チューニングによって調整した。これらの結果、FX100上においてコードのピーク性能比が改善し、より効率よく動作するようになりました。人体モデルデータを用いた人体内部の電磁界計算の例を図2に示します。

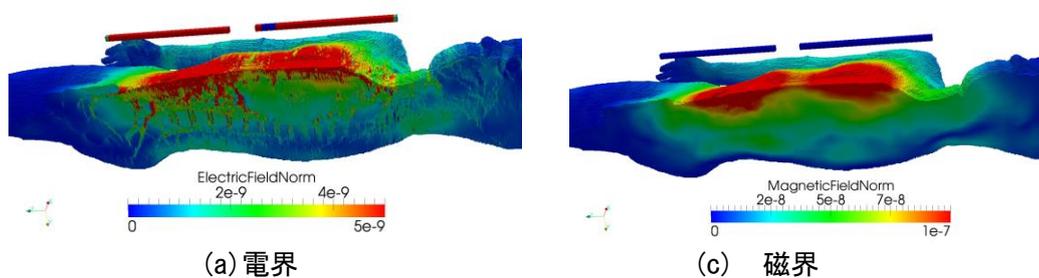


図2 人体内部の電磁界計算例

② full-wave電磁界解析の熱伝導解析との連成解析の研究

本事業において研究・開発したfull-wave電磁界解析コードと並列熱伝導解析コードのファイルベースで連携できるよう機能追加を行い、連成解析機能を実現しました。並列熱伝導解析コードは、東京大学をはじめとする計算力学ソフトウェア開発プロジェクト: ADVENTURE Projectによって開発されたADVENTURE Thermalを用いています。機能検証は、癌温熱治療器を簡略化したベンチマーク問題：TEAM Workshop Problem #29を用いて実施しました。また、機能の実証において、解剖学的人体モデルデータを用いた解析を実施しました。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

シミュレーションは、癌温熱療法において治療精度を向上させるために有効な手法であることが認知されています。本事業において研究・開発しましたシミュレーション・システムは、癌温熱療法の高精度・高確度化に寄与します。また、本システムにおける電磁界解析-熱伝導解析の連携機能は、例えば電磁調理器の設計等にも応用可能であり、医療分野、工学分野において広く波及する可能性があります。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

代表者の専門領域は、主として大規模電磁界解析技術の研究・開発、およびその利用技術、電磁界理論等である。これまでの研究において培ってきた、スーパーコンピュータなどの高度な並列計算機を用いる高精度数値解析技術の実用問題への応用として、本事業における研究課題に取り組んだ。本事業推進は、宮崎大学での課題演習、卒業研究等の教育活動へも深く関わっており、研究、教育、社会還元（シーズ創出を含む）がバランスよく実施できたと考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

A. 査読付きジャーナル論文

1. 杉本振一郎, 田上大助, 荻野正雄, 武居周, 金山寛, ” 階層型領域分割法による時間調和渦電流解析の収束性改善,” 日本シミュレーション学会論文誌, Vol. 7, No. 1 (2015), pp. 11-17.
2. A. Takei, K. Murotani, S. Sugimoto, M. Ogino and H. Kawai, “High-accuracy electromagnetic field simulation using numerical human body models,” IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 52, No. 3 (2016), DOI: 10.1109/TMAG.2015.2479467.
3. M. Ogino, A. Takei, S. Sugimoto, S. Yoshimura, “A numerical study of iterative substructuring method for finite element analysis of high frequency electromagnetic fields,” Computers and Mathematics with Applications (2016), DOI: 10.1016/j.camwa.2016.04.028

B. 査読付き国際会議論文

1. A. Takei, K. Murotani, S. Sugimoto, M. Ogino, and H. Kawai, “High-accuracy electromagnetic field simulation using numerical human body models,” Proceedings of Compumag2015, Montreal, Quebec, Canada, June 28-July 2, 2015, USB
2. S. Sugimoto, D. Tagami, M. Ogino, A. Takei, and H. Kawai, “Improvement of Convergence in Time-Harmonic Eddy Current Analysis by Hierarchical Domain Decomposition Method,” Proceedings of Compumag2015, Montreal, Quebec, Canada, June 28-July 2, 2015, USB

3. A. Takei, “High-accuracy Analysis of Finite Element Full-Wave Electromagnetic Field Using Voxel Mesh Models,” Proceedings of The 34rd JSST Annual Conference: International Conference on Simulation Technology, Toyama, Japan, Oct. 12-14, 2015, USB

C. 国際学会発表論文

1. A. Takei, K. Murotani, “High-accuracy Analysis of Finite Element Electromagnetic Field Using Anatomical Human Models,” 1st. Pan-American Congress on Computational Mechanics (PANACM 2015) & XI Argentine Congress on Computational Mechanics (MECOM 2015), Apr. 27-29 (2015), USB
2. A. Takei, K. Murotani, H. Kawai, T. Yamada and S. Yoshimura, “High-accuracy Parallel Finite Element Electromagnetic Field Analysis Using Anatomical Human Models,” International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (ICCES2015), Jul. 20-24 (2015), USB

D. 国内学会発表論文

1. 武居周, 杉本振一郎, “ボクセルメッシュモデルを用いる並列高周波電磁界解析,” 第27回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (SEAD27) (2015)
2. 武居周, 杉本振一郎, “ボクセルメッシュモデルを用いる並列 full-wave 電磁界解析,” 計算工学講演会論文集 Vol. 20 (2015)
3. 武居周, “解剖学的人体モデルデータを用いる並列 full-wave 電磁界解析,” 電子情報通信学会エレクトロニクスソサエティ, エレクトロニクスシミュレーション研究会, EST 研 H27 第2回, (33)EST (2015)
4. 武居周, “領域分割法に基づく高性能並列電磁界解析手法,” 第28回計算力学講演会講演論文集 (2015), CD-ROM.

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

該当なし。

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし。

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 宮崎大学工学部電気システム工学科 電磁情報学研究室（ミヤザキダイガクコウガクブデンキシステムコウガッカ）

住 所： 〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西1-1

申請者： 准教授 武居周（タケイアマネ）

担当部署： 宮崎大学工学部（ミヤザキダイガクコウガクブ）

E-mail： takei@cc.miyazaki-u.ac.jp

URL： <http://save.sys.t.u-tokyo.ac.jp/~takei/index-j.html>